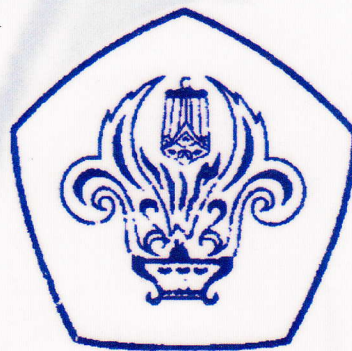




**SEMINAR NASIONAL
MESIN DAN INDUSTRI
(SNMI4) 2008**

**Auditorium Gedung Utama
Universitas Tarumanagara
28 Agustus 2008**

**RISET APLIKATIF
BIDANG TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**



**Diselenggarakan oleh :
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara
Jakarta**

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI
(SNMI4) 2008**

ISBN : 978-979-95752-8-9

**RISET APLIKATIF
BIDANG TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**

**Auditorium Gedung Utama Lantai 3
Kampus I
Universitas Tarumanagara
28 Agustus 2008**



**Diselenggarakan oleh:
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta
Telp. (021) 5672548, 5638358, 5663124 Fax. (021) 5663277
e-mail: mesin@tarumanagara.ac.id**

80. Analisis Biaya Kualitas Untuk Efisiensi Biaya Pada Pembuatan Ultra Milk Chocolate (Studi Kasus Di PT . Ultrajaya Milk Industry & Trading Company, Tbk.), *Arie Desrianty, Ambar Harsono, Asti Astari Putri Eddyat Iyas* 617
81. Penentuan Rute Pada Rantai Supply Produk Sayur Dan Buahke Pelanggan Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Dengan Metode Saving Matriks Di PT. Rodeo, *Nelly Budiharti, Emmalia Adriantantri* 627
82. Penentuan Distribusi Semen Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Integer Transportation Problem Di Pt. Semen Gresik, *Nelly Budiharti, Emmalia Adriantantri* 635
83. Aplikasi Metode Quality Function Deployment (Qfd) Dalam Usaha Memenuhi Kepuasan Pelanggan, *Nelly Budiharti, Jr. Heksa Galuh W.* 645
84. Analisa Pengaruh Putaran Terhadap Kualitas Biji Kopi Dengan Menggunakan Mesin Pengupas Biji Kopi Kapasitas 1000 Kg/Jam, *Amelia, Ian Hardianto Siahaan dan Inkar Palisu* 651
85. Analisis Pembangkitan Energi Pelontar Pellet Pada Senapan Angin Roduk Industri Kecil Untuk Usaha Perbaikan Kualitas Dan Standarisasi Komponen Utamanya, *Sugiharto, Brm. D. Widodo, A. Sentana, G. Santoso Dan I. Nurhadi* 657
86. Integrasi Quality Function Deployment Dan Value Engineering dalam Pengembangan Produk (Study Kasus Industri Kecil Genteng Malang), *Dyah Retno P, Dwi Iryaning H* 667
87. Pengendalian Kualitas Dan Investigasi Proses Produksi Extreme 75 ML CAP, *Delvis Agusman dan Robert Junaidy* 675
88. Pemilihan Strategi Pemasaran Dengan Metode Non Numerik ME-MCDM Studi Kasus: Minyak Telon Mustika Ratu, *Triwulandari S. Dewayana, Evi Sulistyowati* 685
89. Kajian Pengendalian Kualitas Pada Proses Filling Susu Cair Netto 195 Ml di PT. XYZ, *Teguh Prasetyanto, Achmad Husen, A. Amaningsih Jumbuhur* 691
90. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Gaya Thrust Pada Proses Menggurdi, *Zuliantoni* 705
91. Pengaruh Kestabilan Mobile Crane Terhadap Daya Mengangkat Dan Menurunkan Beban, *Zuliantoni* 715
92. Aplikasi ERP Pada Usaha Kecil dan Menengah Furniture Berbasis Opensource Openbravo (Studi Kasus UD. Santoso, Kalijambe Gemolong Sragen Jawa Tengah, *Emi Handayani, Munajat Tri Nugroho* 725
93. Optimisasi Parameter Desain Untuk Produk Yang Dijual Dengan Garansi Dua Dimensi, *Hendro Prasetyo, Bermawi P. Iskandar* 733
94. Usulan Penjadwalan Produksi Job Shop Untuk Meminimasi MAKESPAN (Studi Kasus di PT. X), *Santoso, Vicky Setiawan, Ario Pamungkas* 745

**PENGARUH KESTABILAN MOBILE CRANE
TERHADAP DAYA MENGANGKAT DAN MENURUNKAN BEBAN****Zuliantoni**

Staf Pengajar Teknik Mesin Universitas Bengkulu

e-mail: zulian_ton@me.its.ac.id, zulian_75@yahoo.co.id

Abstrak

Mobile crane merupakan satu jenis crane dari sekian banyak jenis crane yang banyak dijumpai pada industri manufaktur, dimana penggunaannya selain sebagai alat Bantu dalam memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat yang lain juga dapat berpindah tempat dari satu tempat ke tempat yang lain. Paper ini akan membahas tentang kestabilan mobile crane pada berbagai kondisi kemiringan jalan. Dengan kondisi yang demikian beban yang diterima oleh crane akan bertambah, hal ini juga akan mempengaruhi kapasitas yang dapat diangkat dan juga daya yang digunakan untuk mengangkat dan menurunkan beban. Dengan diketahuinya pengaruh kemiringan jalan terhadap kestabilan, kapasitas, dan daya untuk mengangkat dan menurunkan beban maka dapat menjadi acuan dalam penggunaan mobile crane.

Kata kunci: kestabilan, kapasitas, daya hoist, kemiringan jalan, mobile crane

Pendahuluan

Hal yang perlu diperhatikan apabila kita berbicara masalah industri dan produksi dalam suatu perusahaan, kita tidak bisa terlepas dari bahan baku yang diproses menjadi suatu produk dan juga proses pemindahan dan pengangkutan, baik bahan baku maupun produk jadi. Sebelum ditemukannya pesawat pengangkat manusia akan mengalami kesulitan bila harus mengangkat benda atau bahan yang besar dan berat. Tetapi seiring dengan perkembangan jaman manusia akhirnya berhasil menemukan pesawat yang bisa digunakan untuk memindahkan atau mengangkat benda yang besar dan berat. Sehingga dengan kebutuhan tenaga yang kecil dari manusia akan dihasilkan keluaran tenaga yang dapat digunakan untuk mengangkut benda atau bahan yang besar dan berat. Salah satu dari pesawat pengangkat yang biasa digunakan dalam industri adalah mobile crane. Jenis pesawat pengangkat ini selain mampu berpindah tempat juga memiliki kapasitas angkat yang tidak jauh berbeda dari pesawat pengangkat yang fixed (tidak dapat berpindah). Akan tetapi dalam penggunaannya mobile crane terkadang mengalami kecelakaan. Berdasarkan data yang diperoleh penulis salah satu penyebab terjadinya kecelakaan dalam penggunaan mobile crane adalah kesalahan pengkalkulasian dari beban yang akan diangkat. Baik yang terjadi karena faktor human error ataupun dari kondisi kemiringan jalan. Adanya kemiringan jalan pada saat pengangkatan sebenarnya tidak diijinkan oleh produsen pabrik karena akan mengakibatkan beban yang diterima oleh mobile crane semakin bertambah. Hal tersebut diatas melatarbelakangi penulis untuk menganalisa pengaruh kemiringan jalan terhadap kestabilan mobile crane.

Adapun permasalahan yang akan dihadapi pada penulisan tugas akhir ini adalah:

- Menganalisa kestabilan mobile crane pada berbagai kondisi kemiringan jalan
- Kapasitas Mobile Crane yang akan berubah setiap berada pada kemiringan jalan yang berbeda.
- Perubahan kapasitas tentunya juga akan mempengaruhi penggunaan daya yang digunakan oleh mobile crane.

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

- Menganalisa kestabilan mobile crane pada berbagai kondisi kemiringan jalan
- Mendapatkan kapasitas maksimum yang dapat diangkat oleh mobile crane pada setiap kemiringan jalan.
- Menganalisa daya hoist yang digunakan untuk mengangkut beban pada setiap kemiringan jalan.

Adapun yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- Model mobile crane yang dibahas adalah jenis All Terrain Crane Merek Terex-Demag Tipe AC 200-1
- Tingkat kemiringan jalan yang dimaksud adalah kemiringan jalan ke depan dan ke samping.
- Sudut kemiringan jalan dibatasi hanya sampai 25° dan sudut elevasi boom sampai 55°.
- Pada analisa ini gaya yang disebabkan oleh angin diabaikan.
- Mobile crane pada saat swing berada pada jarak 200 m dari jangkauan maksimum
- Kestabilan Statik adalah kestabilan mobile crane dengan outrigger terpasang pada berbagai kondisi kemiringan jalan tanpa terjadi gerakan pada boom.
- Kestabilan Dinamis adalah kestabilan mobile crane dengan outrigger terpasang pada berbagai kondisi kemiringan jalan diikuti dengan terjadinya gerakan pada boom.

- h. Daya hoist adalah daya yang diperlukan pada saat katrol crane mulai bekerja dan akan berhenti. Kondisi demikian menyebabkan crane akan menerima beban tambahan selain karena beban yang diangkat.

Tinjauan Pustaka

1. Mobile Crane

1.1. Pengertian Mobile Crane

Mobile Crane adalah salah satu jenis daripada Material Handling Equipment (Pesawat Pemindah Bahan), dan Mobile Crane itu sendiri terbagi dalam berbagai jenis lagi. Pada dasarnya Mobile Crane ini memiliki fungsi yang sama dengan pesawat pengangkat pada umumnya yakni untuk mengangkat, menurunkan, dan memindahkan barang dan memegang peranan penting dalam suatu pekerjaan bongkar muat, konstruksi, dan bangunan serta pekerjaan industri lainnya. Setiap jenis dari pesawat pengangkat tentu memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh pesawat pengangkat lainnya. Hal ini tergantung pada situasi dan kondisi kerja. Maka terciptalah bermacam-macam pesawat pengangkat untuk mengatasi masalah tersebut, satu diantaranya adalah pesawat pengangkat jenis Mobile Crane. Mobile Crane adalah suatu pesawat pengangkat yang dapat berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain (mobile) dalam jarak yang tak terbatas. Sifat dasar dari mobile crane dalam pengoperasiannya pada umumnya meliputi:

- a. Panjang boom yang dapat disesuaikan.
- b. Kemampuan mengangkat dan menurunkan beban.
- c. Kemampuan memutar beban.
- d. Kemampuan berjalan dengan tenaga sendiri.

Sedangkan beberapa komponen utama dari sebuah mobile crane adalah :

- a. Bagian Pembawa (Lower Base).
- b. Meja Putar (Turn Table).
- c. Tenaga Penggerak (Power Plane).
- d. Bagian Atas (Upper Base).
- e. Peralatan Depan (Front Equipment).
- f. Counterweight.

1.2. Komponen Pembawa

Komponen pembawa merupakan bagian crane dapat bergerak (mobile), yang dapat membawaseluruh peralatan kerja. Pada bagian pembawa ini terdiri atas chasis kabin kemudi dan lantai (dek). Ada dua jenis/tipe pada komponen pembawa ini, yakni kerangka bawah dengan roda rantai dan kerangka bawah dengan roda ban.

1.3. Meja Putar

Meja putar berfungsi sebagai penghubung bagian atas dan bagian bawah yang dapat berputar ke kiri atau ke kanan sampai 360 derajat. Bagian ini adalah bagian yang sangat penting pada crane, karena merupakan pemegang bagian atas dan menahan segala beban yang timbul dari kerja crane. Meja putar ini dapat berputar dengan menggunakan bantalan putar (swing ring).

1.4. Tenaga Penggerak

Tenaga penggerak utama adalah pemberi tenaga pada system gerakan dari crane, misalnya gerakan mengangkat, gerakan turun dan naiknya boom, gerakan putar, gerakan maju dan mundur. Tenaga penggerak ini umumnya Diesel Engine, ada beberapa jenis crane yang menggunakan listrik dan uap sebagai penggerak utama tetapi sangat jarang. Tenaga penggerak ini biasa terdapat pada bagian atas dan/atau pada bagian pembawa, atau hanya ada satu tenaga yang dapat berfungsi ganda yakni sistem jalan (mobile) dan sistem angkat (crane). Tenaga penggerak ini menggerakkan system-sistem yang ada pada crane dengan melalui kopling, FTO dan transmisi kemudian ke motor penggerak system.

1.5. Komponen Atas

Komponen ini terletak di sebelah atas dari komponen pembawa yang dihubungkan oleh meja putar. Bagian ini terdiri dari kabin operator, pemberat, komponen pendukung boom, motor-motor dan peralatan lainnya. Bagian ini dapat berputar dengan bebas ke kiri dan ke kanan sampai 360 derajat.

1.6. Peralatan Depan

Peralatan depan yaitu perlengkapan untuk melakukan pengangkatan beban yang terdiri dari boom, jip, dan perlengkapan tambahan lainnya. Boom dan jip berfungsi sebagai penahan tekanan (compression) yang timbul dari berat beban dan untuk mencapai jangkauan yang diinginkan.

1.7. Counterweight

Counterweight adalah pemberat yang berfungsi sebagai pembalance beban

2. Prinsip Gerakan Kerja

Pada sebuah mobile crane terdapat beberapa system yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda. System gerakan ini adalah:

1. Gerakan mengangkat dan menurunkan beban
2. Gerakan menaikkan dan menurunkan boom
3. Gerakan putar
4. Gerakan jalan maju dan mundur.

2.1. Gerakan Mengangkat dan Menurunkan Beban

Gerakan ini berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban. Beban yang diangkat dan diturunkan oleh block bawah (Hook Block) yang ditarik oleh tali-tali yang disebut phase tali (parts of line) yang digantung pada block atas (upper block). Pada masing-masing block terdapat pulley-pulley yang dilalui oleh tali-tali sewaktu digulung atau dilepas oleh tromol (drum) penggulung. Karena gerakan pulley-pulley ini menimbulkan gesekan yang memberi tambahan beban pada tromol, maka berat beban yang diangkat akan bertambah berat. Besarnya tenaga yang hilang akibat gesekan ini sangat tergantung dari jenis bantalan dan pulleynya.

2.2. Gerakan Menaikkan dan Menurunkan Boom

Gerakan ini berfungsi untuk menagtur panjang dan sudut boom untuk menjangkau beban. Setiap gerakan ini akan mengubah radius terhadap titik berat daripada crane, sehingga setiap perubahan dari boom ini akan merubah kekuatan dan kapasitas pengangkatan.

2.3. Gerakan Putar

Gerakan ini memungkinkan/mempermudah pengangkatan pada daerah-daerah yang sulit, sehingga beban mudah dijangkau dari posisi yang lebih mudah dengan jalan memutar meja putar sehingga seluruh peralatan ikut berputar dengan demikian benda berada pada lokasi yang sulitpun dapat dengan mudah dijangkau.

2.4. Gerakan Maju dan Mundur

Gerakan ini merupakan gerakan dari mobile crane untuk membawa peralatan pengangkat, dengan gerakan ini memungkinkan crane dapat bekerja dimana-mana (mobile), tanpa harus membuat pondasi crane seperti pada crane yang diam umumnya.

Kestabilan Mobile Crane

Keseimbangan momen pada crane adalah:

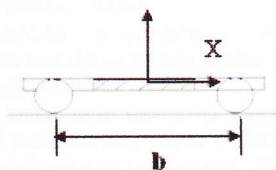
$$Y = G_1 + G_2 + G_{cw}$$

$$Y.e = Q.a + G_1.b - G_{cw}.c \Rightarrow e = \frac{Q.a + G_1.b - G_{cw}.c}{Y} \quad (2-1)$$

dimana:

- G_1 = Berat Boom, kg
- G_2 = Berat Kendaraan, kg
- G_{cw} = Berat Counterweight, kg
- Q = Beban, kg
- a = Jarak beban dengan titik jungkit, m
- c = Jarak counterweight dengan titik jungkit, m
- e = Jarak titik jungkit dengan Y, m
- Y = Gaya vertikal pada mobile crane, kg

Sedangkan jarak e haruslah berada di daerah stabil baik untuk sektor depan dan samping. Seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini yaitu:



dimana:

Zona Tidak Stabil = $> 1/2b$ dan $< -1/2b$

$$\begin{aligned} \text{Zona Labil} &= -1/6b \text{ s/d } -1/3b \text{ dan } 1/3b \text{ s/d } 1/6b \\ \text{Zona Stabil} &= -1/3b \text{ s/d } 1/3b \end{aligned}$$

Analisa Kestabilan Statik

a. $\alpha = 0$ dan θ

Sehingga Momen Gaya yang bekerja adalah:

$$Y = G_1 + G_2 + G_{cw} \quad (2-2)$$

$$Y.e = Q.a + G_1.b - G_{cw}.c \Rightarrow e = \frac{Q.a + G_1.b - G_{cw}.c}{Y} \quad (2-3)$$

b. Dengan α dan θ bervariasi (miring ke sumbu x)

Sehingga Momen Gaya yang bekerja

$$Y = G_1 \cos \alpha + G_2 \cos \alpha + G_{cw} \cos \alpha \quad (2-4)$$

$$Y.e = Q \sin \alpha . a . \sin \theta + Q \cos \alpha . a . \cos \theta + G_1 \sin \alpha . b \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \theta - G_{cw} \cos \alpha . c \quad (2-5)$$

$$e = \frac{Q \sin \alpha . a . \sin \theta + Q \cos \alpha . a . \cos \theta + G_1 \sin \alpha . b \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \theta - G_{cw} \cos \alpha . c}{Y}$$

c. Dengan α dan θ bervariasi (miring ke sumbu x)

Pada bagian ini juga akan digunakan rumus kesetimbangan momen yaitu:

$$Y = G_1 \cos \alpha + G_2 \cos \alpha + G_{cw} \cos \alpha \quad (2-6)$$

$$Y.e = Q \sin \alpha . a . \sin \theta + Q \cos \alpha . a . \cos \theta + G_1 \sin \alpha . b \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \theta - G_{cw} \cos \alpha . c \quad (2-7)$$

$$e = \frac{Q \sin \alpha . a . \sin \theta + Q \cos \alpha . a . \cos \theta + G_1 \sin \alpha . b \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \theta - G_{cw} \cos \alpha . c}{Y}$$

5. Analisa Kestabilan Dinamis

5.1. Akibat Rotasi pada Crane

Pada saat crane melakukan proses hoist maka pada beban dipastikan akan terjadi swing. Sehingga dapat dikatakan terjadi gaya sentrifugal pada proses tersebut. Adanya gaya sentrifugal tersebut akan mengurangi kapasitas angkat serta kestabilan dari crane. Besarnya kapasitas yang berkurang sebanding dengan gaya sentrifugal yang terjadi pada saat melakukan hoist.

a. $\alpha = 0$ dan θ bervariasi

Besarnya gaya sentrifugal sesuai adalah:

$$F_c = \frac{WR}{g} \left[\frac{\pi}{30} \right]^2 \quad (2-8)$$

Kemudian gaya sentrifugal tersebut dimasukkan ke dalam perumusan keseimbangan momen gaya. Sehingga Momen Gaya yang bekerja adalah:

$$Y = G_1 + G_2 + G_{cw} \quad (2-9)$$

$$Y.e = Q.a + G_1.b + F_c.l - G_{cw}.c \Rightarrow e = \frac{Q.a + G_1.b + F_c.l - G_{cw}.c}{Y}$$

dimana: l = Jarak gaya sentrifugal ke titik jungkit

b. Dengan α dan θ bervariasi (miring ke sumbu depan)

Sehingga Momen Gaya yang bekerja

$$Y.e = Q \cos \alpha . a . \cos \theta + Q \sin \alpha . a . \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \alpha + F_c . 0.2 - G_{cw} \cos \alpha . c \quad (2-10)$$

$$Y = \frac{Q \cos \alpha . a . \cos \theta + Q \sin \alpha . a . \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \alpha + F_c . 0.2 - G_{cw} \cos \alpha . c}{e}$$

c. Dengan α dan θ bervariasi (miring ke sumbu samping)

Pada bagian ini juga akan digunakan perhitungan seperti pada rumus 2-10 tetapi ditambah dengan adanya gaya sentrifugal pada crane karena beban yang diangkat.

5.2. Akibat Hentakan saat melakukan pengangkatan

Apabila mobile crane akan melakukan pengangkatan maka pada mobile crane akan terjadi beban tambahan yang juga akan mempengaruhi kestabilan mobile crane. Sehingga besar hentakan yang terjadi perlu diperhitungkan dalam menganalisa kestabilan mobile crane.

Pada saat pengangkatan tali-tali katrol akan meregang seperti pegas menghasilkan beberapa tambahan pergerakan. Dengan penambahan energi potensial dari beban W dan peregang tali δ , kita dapat menyamakan ini dengan energi potensial dalam tali-tali setelah peregang. Jika F adalah gaya total akhir pada tali-tali tersebut maka:

$$\frac{Wv^2}{2g} + W\delta = \frac{F\delta}{2} \quad (2.12)$$

Tetapan pegas dari tali adalah $k = F/\delta$ dan kemudian substitusikan ke persamaan diatas didapatkan:

$$\frac{F\delta}{2} - \frac{Wv^2}{2g} - W\delta = 0 \quad (2.13)$$

$$F^2 - 2WF - \frac{Wkv^2}{g} = 0$$

$$F = W + \left(W^2 + \frac{Wkv^2}{g} \right)^{0.5} \quad (2.14)$$

$$\frac{F}{W} = 1 + \left(1 + \frac{k}{w} \frac{v^2}{g} \right)^{0.5} \quad (2.15)$$

dan besarnya pengaruh impact pada crane $F_i = F - W$

6. Gerak-gerak Peralihan

Setiap gerakan kerja crane terdiri atas: periode start (percepatan), gerakan tunak atau tertentu dan penghentian (pengereman). Periode pertama dan terakhir (percepatan dan pengereman) dicirikan dengan gerak peralihan (transient). Percepatan memerlukan kerja tambahan untuk menstart komponen crane mekanis dan beban dari keadaan diam. Pada saat menghentikan kerja tambahan dari massa yang bergerak (inersia gerakan) diserap oleh rem. Sehingga pada saat percepatan motor crane dibebani lebih besar daripada gerakan tunaknya. Desain rem harus juga memperhitungkan gaya inersia tersebut.

6.1. Momen Gaya pada Mekanisme Pengangkat

Untuk menentukan momen gaya yang dibutuhkan pada saat proses pengangkatan maka perlu diperhitungkan terlebih dahulu besar tahanan yang harus dilawan. Besar tahanan yang harus dilawan besarnya adalah:

- a. Resistansi karena nominal hoist (kapasitas maksimum pada kecepatan maksimum)

$$N_1 = \frac{Q.v}{\eta} kW, \quad M_1 = \frac{N_1.9550}{n}$$

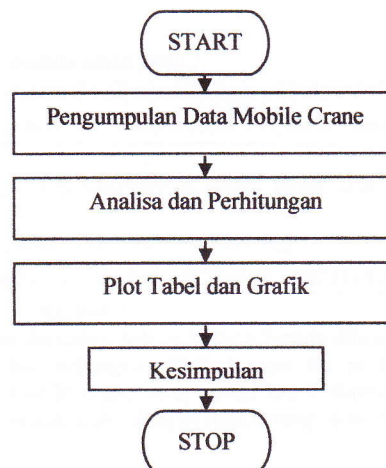
- b. Resistansi pada saat melakukan percepatan putar suatu massa.

$$\omega = \frac{n.2.\pi}{60} rad/sec, \quad M_2 = \frac{J_{rot} . \omega}{t_a} Nm, \quad N_2 = \frac{n.M_2}{9550} kW$$

- c. Resistansi pada saat melakukan percepatan linear suatu massa.

$$F_3 = \frac{Q.v}{g.t_a} kN, \quad N_3 = \frac{F_3.v}{\eta} kW, \quad M_3 = \frac{N_3.9550}{n} Nm$$

Metodologi



Analisa Perhitungan
1. Contoh Perhitungan.

Sebagai contoh menganalisa kestabilan mobile crane, berikut ditunjukkan tahap analisa kestabilan dengan data input seperti contoh di bawah. Dari input tersebut dilakukan proses analisa sesuai dengan teori dari bab sebelumnya, untuk memperoleh output data yang diharapkan. Tahapan analisa tersebut antara lain:

1.1. Analisa sektor belakang dengan berat counter weight = 69000 kg dan panjang boom = 7.6 m pada kondisi datar $\alpha = 0^\circ$

Ditentukan:

1. $a = 7.57108 \text{ m}$
2. $b = 1.394673 \text{ m}$
3. $c = 4.8 \text{ m}$
4. $G_{cw} = 69.000 \text{ Kg}$
5. $G_1 = 60.000 \text{ Kg}$
6. $G_2 = 107.000 \text{ Kg}$
7. $Q = 191.575.2 \text{ Kg}$
8. $\theta = 5^\circ$

Rumus keseimbangan momen pada mobile crane yaitu:

$$Y.e = Q.a + G_1.b - G_{cw}.c$$

Sehingga dengan memasukkan data-data sebelumnya diatas maka akan didapatkan besar e (jarak titik CG Mobile Crane dengan titik jungkit).

$$Y = G_1 + G_2 + G_{cw} + Q = 60.000 \text{ Kg} + 107.000 \text{ Kg} + 69.000 \text{ Kg} + 191.575.2 \text{ Kg} = 427.575.2 \text{ Kg}$$

$$427.575.2 \text{ Kg}.e = 191.575.2 \text{ Kg}.7.6 \text{ m} + 107.000 \text{ Kg}.1.4 \text{ m} - 69.000 \text{ Kg}.4.8 \text{ m}$$

$$e = \frac{191.575.2 \text{ Kg}.7.57108 \text{ m} + 107.000 \text{ Kg}.1.394673 \text{ m} - 69.000 \text{ Kg}.4.8 \text{ m}}{427.575.2 \text{ Kg}} = 2.8133 \text{ m}$$

Dari besar e yang didapatkan diketahui bahwa Mobile Crane dalam keadaan stabil saat mengangkat beban sebesar 191.575.2 Kg.

1.2. Analisa sektor belakang dengan berat counter weight = 69000 kg dan panjang boom = 7.6 m pada kondisi miring $\alpha = 5^\circ$

Ditentukan:

1. $a = 7.6 \text{ m}$
2. $b = 1.4 \text{ m}$
3. $c = 4.8 \text{ m}$
4. $G_{cw} = 69.000 \text{ Kg}$
5. $G_1 = 60.000 \text{ Kg}$
6. $G_2 = 107.000 \text{ Kg}$
7. $Q = 191.575.2 \text{ Kg}$
8. $\theta = 5^\circ$

Rumus keseimbangan momen pada mobile crane yaitu :

$$Y.e = Q \cos \alpha . a \cos \theta + Q \sin \alpha . a \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \alpha - G_{cw} \cos \alpha . c \cos \alpha$$

$$e = \frac{Q \cos \alpha . a \cos \theta + Q \sin \alpha . a \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \theta - G_{cw} \cos \alpha . c}{Y}$$

Sehingga dengan memasukkan data-data sebelumnya diatas maka akan didapatkan besar e (jarak titik CG Mobile Crane dengan titik jungkit).

$$Y = G_1 \cos \alpha + G_2 \cos \alpha + G_{cw} \cos \alpha + Q \cos \alpha = 425948.2 \text{ kg}$$

$$e = \frac{190846 \times 7.571 + 16696 \times 6.62 + 59771 \times 1.394 + 5229 \times 1.22 - 68737 \times 4.8}{425948.2} = 2.84 \text{ m}$$

Dari besar e yang didapatkan diketahui bahwa besar e berada diluar range daerah stabil sehingga mobile crane dapat dikatakan pada kondisi terjungkir. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan lagi guna mendapatkan harga Q (kapasitas) mobile crane yang sesuai untuk tingkat kemiringan 5° . Hal tersebut dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan ulang dengan rumus yang sama tetapi dengan jarak e stabil maksimum (2.8133m).

$$\begin{aligned}
 Y.e &= Q \cos \alpha . a \cos \theta + Q \sin \alpha . a \sin \theta + G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \alpha - G_{cw} \cos \alpha . c \\
 Q &= \frac{(G_1 \cos \alpha . b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha . b \sin \alpha) - ((G_{cw} \cos \alpha . c) + (G_1 + G_2 + G_{cw}) \cos \alpha . e)}{(\cos \alpha . 2.8133 - \sin \alpha . a \sin \theta - \sin \alpha . a \cos \theta)} \\
 &= \frac{(59771.68 \times 1394.673 + 5229.345 \times 122.018) - ((68737.43 \times 4.8) + (235101.9 \times 2.8133))}{(0.996195 \times 2.8133 - 0.087156 \times 662.3836 - 0.087156 \times 7571.08)} = 189133.8 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga agar mobile crane dapat stabil saat melakukan pengangkatan pada kemiringan (α) sebesar 5° maka kapasitas maksimumnya adalah 189.133.8985 Kg. Sedangkan proses perhitungan untuk berat counterweight dan panjang boom yang berbeda dapat dilihat pada lembar lampiran.

1.3. Analisa sektor belakang dengan berat counter weight = 69000 kg dan panjang boom = 7.6 m pada kondisi datar $\alpha = 0^\circ$ saat melakukan swing.

Ditentukan :

1. $a = 7.57108 \text{ m}$
2. $b = 1.394673 \text{ m}$
3. $c = 4.8 \text{ m}$
4. $G_{cw} = 69.000 \text{ Kg}$
5. $G_1 = 60.000 \text{ Kg}$
6. $G_2 = 107.000 \text{ Kg}$
7. $Q = 191.575.2 \text{ Kg}$
8. $\theta = 5^\circ$

Pada saat melakukan swing maka pada mobile crane akan bekerja gaya sentrifugal yang mengakibatkan adanya gaya tambahan pada mobile crane. Oleh karena itu gaya sentrifugal tersebut harus dimasukkan ke dalam rumus keseimbangan momen mobile crane yaitu:

$$Y.e = Q.a + G_1.b + Fc.0.2 - G_{cw}.c$$

Fc didapat dari:

$$Fc = \frac{W}{g} \omega^2 R$$

Sehingga pada kondisi $\alpha = 0^\circ$ gaya sentrifugal yang terjadi adalah:

$$Fc = 189166.7 \text{ Kg} \cdot \left(3.14 \cdot \frac{1.3}{30} \right) \text{ rad/s} \cdot 7.6 \text{ m} = 26617.16 \text{ N}$$

Sehingga apabila gaya sentrifugal tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan keseimbangan momen maka akan didapatkan harga e sebesar :

$$Y.e = Q.a + G_1.b + Fc.0.2 - G_{cw}.c \Rightarrow e = \frac{Q.a + G_1.b + Fc.0.2 - G_{cw}.c}{Y} = 2.8 \text{ m}$$

Pada perhitungan di atas terlihat harga e yang berada di luar range kestabilan crane maka mobile crane dapat dikatakan berada pada kondisi terjungkir. Sehingga perlu diperhitungkan kembali kapasitas yang dapat diangkat oleh mobile crane agar tidak terjungkir yaitu:

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan harga Y sebesar 427.575.2 Kg. Kemudian kita perlu menghitung lebih dahulu harga e setelah dilakukan swing apakah masih berada pada daerah stabil yaitu :

$$\begin{aligned}
 Y.e &= Q.a + G_1.b + Fc.0.2 - G_{cw}.c \\
 Q &= \frac{(G_1 + G_2 + G_{cw}).e + G_{cw}.c - G_1.b - Fc.0.2}{a - e} = 190442.1 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas terlihat penurunan kapasitas pada mobile crane untuk menjaga mobile crane tetap stabil.

1.4. Analisa sektor belakang dengan berat counter weight = 69000 kg dan panjang boom = 7.6 m pada kondisi datar $\alpha = 5^\circ$ saat melakukan swing

Ditentukan:

1. $a = 7.57108 \text{ m}$
2. $b = 1.394673 \text{ m}$
3. $c = 4.8 \text{ m}$
4. $G_{cw} = 69.000 \text{ Kg}$
5. $G_1 = 60.000 \text{ Kg}$
6. $G_2 = 107.000 \text{ Kg}$
7. $Q = 191.575.2 \text{ Kg}$
8. $\theta = 5^\circ$

Pada saat mobile crane pada kondisi miring dan melakukan swing maka hal tersebut akan mempengaruhi besar kapasitas yang dapat diangkat oleh mobile crane. pada perhitungan dibawah akan langsung dihitung besar kapasitas yang dapat diangkat oleh mobile crane. sedang untuk perhitungan gaya sentrifugal (F_c) diperhitungkan dengan cara sebelumnya diatas.

$$Y_e = Q \cos \alpha \cdot a \cos \theta + Q \sin \alpha \cdot a \sin \theta + G_1 \cos \alpha \cdot b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha \cdot b \sin \alpha - F_c \cdot 0.2 - G_{cw} \cos \alpha \cdot c$$

$$Q = \frac{(G_1 \cos \alpha \cdot b \cos \alpha + G_1 \sin \alpha \cdot b \sin \alpha) + F_c \cdot 0.2 - G_{cw} \cos \alpha \cdot c - (G_1 + G_2 + G_{cw}) \cdot 2.8133}{(\cos \alpha \cdot 2.8133 - \sin \alpha \cdot a \sin \theta - \sin \alpha \cdot a \cos \theta)} = 188024.4 \text{ Kg}$$

1.5. Perhitungan daya hoist

Ditentukan:

1. $Q = 191.575.2 \text{ Kg} = 1915.752 \text{ kN}$
2. $v = 0.75 \text{ m/s}$
3. Efisiensi semua gear dan gesekan tali $= \eta = 0.9$
4. Kecepatan motor $= n = 2200 \text{ rpm}$
5. Momen inersia motor, gear box dan rem $= J_{rot} = 46 \text{ kg.m}^2$
6. Waktu percepatan $= 2 \text{ s}$
7. Percepatan $= a = 0.5 \text{ m/s}^2$

- a. Resistansi kerena nominal hoist (kapasitas maksimum pada kecepatan maksimum)

$$N_1 = \frac{Q \cdot v}{\eta} \text{ kW} = \frac{1915.752 \times 0.75}{0.9} = 1596.46 \text{ kW}$$

$$M_1 = \frac{N_1 \cdot 9550}{n} = \frac{1596.46 \times 9550}{2200} = 6930.088 \text{ Nm}$$

- b. Resistansi pada saat *acceleration of the rotating masses*.

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \text{ rad/sec} = \frac{2200 \times 2 \cdot 3.14}{60} = 230.2667 \text{ rad/sec}$$

$$M_2 = \frac{J_{rot} \cdot \omega}{t_a} \text{ Nm} = \frac{46 \text{ kg} \times 230.2667}{2} = 5296.133 \text{ Nm}$$

$$N_2 = \frac{n \cdot M_2}{9550} \text{ kW} = \frac{2200 \times 5296.133}{9550} = 1220.052 \text{ kW}$$

- c. Resistansi pada saat *acceleration of the linear moving masses*

$$F_3 = \frac{Q \cdot v}{g \cdot t_a} \text{ kN} = \frac{1915.752 \times 0.75}{10 \times 2} = 292.9284 \text{ kN}$$

$$N_3 = \frac{F_3 \cdot v}{\eta} \text{ kW} = \frac{292.9284 \times 0.75}{0.9} = 244.107 \text{ kW}$$

$$M_3 = \frac{N_3 \cdot 9550}{n} \text{ Nm} = \frac{244.107 \times 9550}{2200} = 1059.646 \text{ Nm}$$

Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapatkan penulis dan hasil analisa perhitungan pada bab sebelumnya maka didapatkan suatu kesimpulan yaitu:

1. Pada proses pengangkatan kemiringan jalan sangat berpengaruh terhadap kapasitas mobile crane. Dimana penulis memperhitungkan kehilangan kapasitas setiap 5° kemiringan jalan sebesar 2% - 71%.
2. Kemiringan jalan selain menyebabkan kehilangan kapasitas juga menyebabkan mobile crane tidak dapat melakukan aktifitas pengangkatan pada beberapa elevasi boom. Umumnya hal ini terjadi pada kemiringan jalan $\geq 20^\circ$ dan lengan crane pada posisi yang semakin panjang.
3. Kehilangan kapasitas menyebabkan mobile crane dalam proses pengangkatan (hoist) memerlukan daya yang lebih kecil daripada pada kondisi normal (kemiringan jalan $= 0^\circ$)

2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis setelah menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah:

1. Perhitungan tahanan angin pada proses pengangkatan akan dapat memberikan masukan baru bagi operator mobile crane bila mobile crane digunakan pada daerah yang memiliki tahanan angin yang sangat kuat.

2. Perhitungan kapasitas daya untuk setiap kemiringan jalan akan lebih mudah lagi bila menggunakan perangkat lunak

Daftar Pustaka

1. Rudenko, N, (1964), *Material Handling Equipment*.
2. I Nyoman Sutantra, (2001), *Teknologi Otomotif*, Guna Widya, Surabaya.
3. Rachmadi, Teguh, (1992), *Analisa Kestabilan Mobile Crane Dan Pembebanan*, Tugas Akhir Teknik Mesin ITS.
4. Hibbler, (2001), *Statika*, Erlangga, Jakarta.
5. Hibbler, (2001), *Dinamika*, Erlangga, Jakarta.